

大雨時における降雨細胞の特性

誌名	九州大學農學部學藝雜誌 = Science bulletin of the Faculty of Agriculture, Kyushu University
ISSN	03686264
著者	林, 静夫 脇水, 健次 元田, 雄四郎
巻/号	42巻1/2号
掲載ページ	p. 103-107
発行年月	1987年12月

大雨時における降雨細胞の特性

林 静夫・脇水健次・元田雄四郎

九州大学農学部農業気象学研究室
(1987年7月30日 受理)

Rain-Cell Characteristics of Severe Convective Storm

SHIZUO HAYASHI, KENJI WAKIMIZU and YUSHIRO MOTODA

Laboratory of Agricultural Meteorology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 40-05, Fukuoka 812

緒 言

水資源の有効利用や災害対策の立場から、大雨の発生機構や実態に関する研究は気象学の中でも重要な課題となつている。

大雨の発生機構の解明には、2つの立場から接近することができる。1つは、大雨の降る気象条件を明らかにして、関係する気象要素による動的モデルを確立する方法と雨の降り方についての統計的特徴を見出し、その規則性から大雨の実態を明らかにする方法である。得られた動的モデルや統計的記述は、大雨の予報や量の評価に有効に利用することができる。

降雨モデルについては、収束場の形成、上昇気流の働き、雨滴形成・蓄積の仕組み、水蒸気の潜熱放出、積雲対流の維持機能など雲物理学、総観気象学の面から多くの数値モデルの提案が行われ始めている。

一方、大雨の現象把握のためのデータは、大雨が局地性を持ち、変動が大きい現象であるため、雨量計や過去の定性的レーダー観測からは、十分な解析を加えることが出来ない状況であつた。

最近、降雨生成に関与する上昇・下降気流を測定できるドップラーレーダーや雨量強度を定量的に測定できるレーダーが開発され、降雨現象の解明に利用されるようになった。

九州大学に設置されているレーダーは、秀れた分解能をもち、降雨の微細構造について豊富な情報を得ることができる。

ここでは、レーダーによる降雨の観測から、雨域を構成する降雨細胞(積雲対流による降雨セル)を追跡し、大雨の発生、発達、移動、消滅の特徴を抽出し、

面積雨量の評価に関する基礎的情報や雨量の短時間予測の可能性についての検討を行った。

降雨域と降雨細胞

24時間降雨量あるいは一雨雨量の平面的分布をみれば、1つの流域程度の広さでは、かなり均一な分布を示すことが多い。しかし、評価する時間を短かく、たとえば1時間をとれば、雨量分布は著しく局地性を示すものとなる。

降雨現象そのものが、大気の安定度、気流収束域の形成、地形の影響等に左右されており、対流不安定な状態で発生する。これらの対流不安定が解消するとき積雲対流が起こつて水蒸気が凝結し、雨が生産される。気流の収束は、局地的であるため、広い地域で一緒に上昇気流が発生することはなく、積雲対流は数km²の規模で起こる。降雨発生が繰り返れば、この積雲対流は次から次へと形成される。

これらの積雲対流による1つの降雨系は降雨細胞とよばれている。また、降雨細胞は、気層の不安定度や流入水蒸気量などによつて、時空間的にいろいろな規模と性質をもつ。

大雨になるようなときの雨の降り方は、Fig. 1, Fig. 2に示すように、積乱雲による降雨セルが、狭い地域につきつぎに発生し、連続的に強い雨を降らせる。このような収束域が同じ地域に停滞すれば、集中豪雨となつて大きい災害が発生することになる。

一方、夏の雷雨のように、単独の積乱雲による雨は、その地点の雨量強度は大きい値を示すが、その積雲の寿命が終われば雨は止む。したがつて、流域全体からみた面積雨量は多くない。

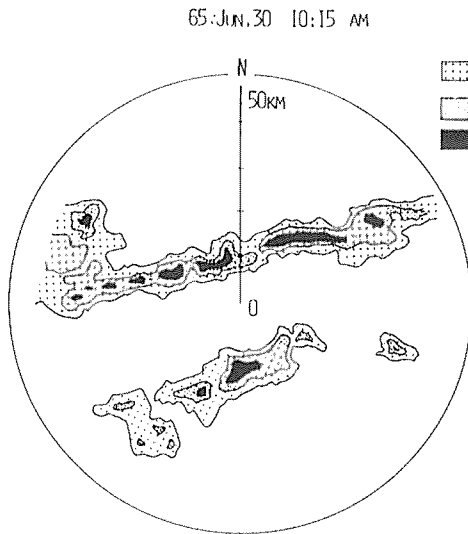


Fig. 1. Isohyetal map of radar echoes accompanied with Bain-front.

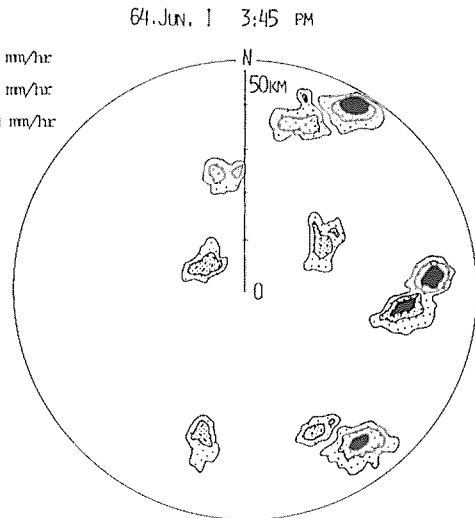


Fig. 2. Same as Fig. 1 accompanied with cumulonimbus.

流域の雨量すなわち面積雨量は、このような降雨セルの空間密度と時間密度によって決定される。点雨量と面積雨量との関係は、降雨セルの生態を知ることによって物理的にも解釈が可能となる。

著者らは、雨量強度演算装置をもつたレーダーを使って、数例の大雨の観測を行い、このレーダー情報を使って降雨の時間・空間的構造を明らかにする試みを行った。

降雨細胞の観測と解析

降雨域を形成している降雨細胞を追跡するため、レーダーによって大雨の観測を行い、雨域を雨量強度別の等値線で表示し、シネフィルムで連続的に記録した。雨量強度は 2^m mm/hr ($m=0\sim7$)の階級別に標示するようになっていた。

対象とした降雨は、台風に伴う雨6例、前線に伴う雨5例で、それぞれ一雨雨量が100 mmを越す大雨であった。

解析の対象とした降雨細胞は、降雨域に存在する雨量強度16 mm/hr以上の降雨細胞を採り上げた。レーダーで測定される雨量強度は、雨滴の粒度分布によって変化するため、地上雨量計の雨量強度から補正を行っている。

分離した降雨セルは71コにおよび、これらのセルの面積、生存時間、移動速度等について解析を行った。

なお、観測の対称とした地域は、人吉を中心とした

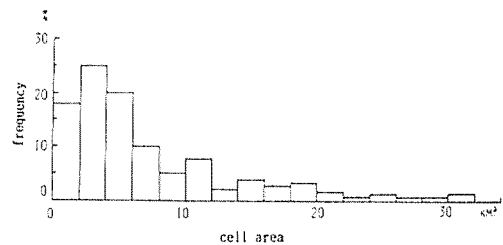


Fig. 3. Frequency distribution of rain cell area.

半径60 kmの九州中部地帯である。

(1) 降雨細胞の面積

雨量強度16 mm/hr以上の強度をもつた降雨細胞で、最も成長した段階での面積別発現個数をFig. 3に示す。小さいものは点状のものから20 km²以上の大きさのものが現われており、採用した降雨例の中では30 km²が最大となつている。一般的には10 km²以下のものが多く、平均6.4 km²となつている。降雨セルは、大雨の規模が大きく、雨量強度が強い降雨ほど大きい傾向にある。

(2) 降雨細胞間の距離

降雨セルの存在密度を知ること、降雨の継続時間や面積雨量を定量化する上で重要である。

降雨細胞は、降雨域の中で次から次へ発生移動、消滅を繰り返す。降雨セルの発生地点は、降雨の原因となつているじょう乱の強さや地形によって異なるが、

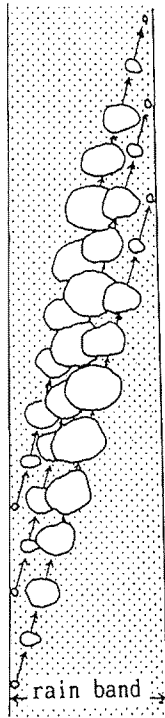


Fig. 4. Schematic figure of the movements of rain cells in a rain band region.

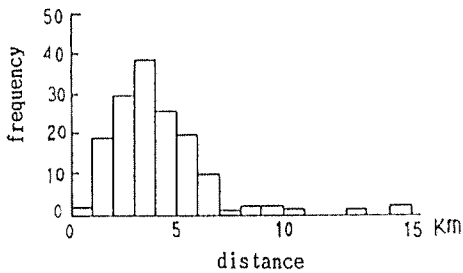


Fig. 5. Frequency distribution of the distance between each cellular echoes.

一般に降雨域の風上側で発生し、上層の風に流されて降雨域の風下側で消滅する。従つて、必ずしも降雨域の移動とは一致しない (Fig. 4)。

降雨セルを単独な積雲対流による降雨系とすれば、対流によつて積雲が発達し、降雨が生じるためには一定の成長時間が必要で、前の積雲と次の積雲の間には時間差が生じる。このため、観測される降雨細胞間には一定の距離が生じる。細胞と細胞の中心間の距離は Fig. 5 に示すように 3~6 km 位が多く、セルの移動速度からみて 5 分~10 分ごとに通過していることになる。

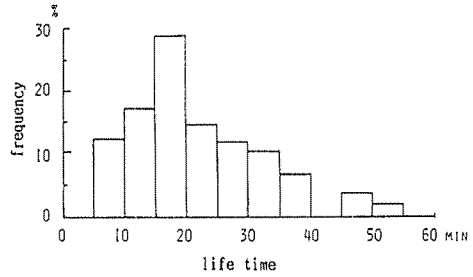


Fig. 6. Life line distribution of rain cells.

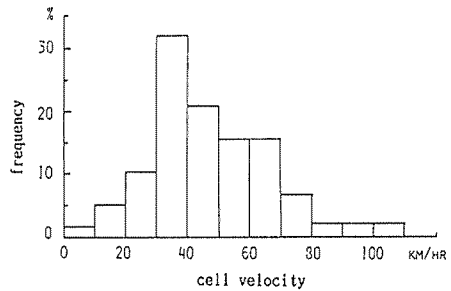


Fig. 7. Same as Fig. 5 special of cell movements. Frequency distribution of cell speed.

(3) 降雨細胞の生存時間

降雨細胞は、降雨域内の風上側のある地点で発生し、生長、移動、消滅する。雄大積雲は 1 時間以上生存することもあるが、Fig. 6 に示すように、10 分から 30 分程度のものが多い。

大雨が局地的に数時間に及ぶことがあるが、これは、強い降雨細胞が、同じ地域で次から次へと交替しながら強雨を降らせるためである。

(4) 降雨細胞の移動速度

降雨細胞は、降雨をもたらしている対流雲の規模によつて移動速度が異なる。Fig. 7 に示すように、移動速度は 20 km/hr から 80 km/hr と大きなひらきを見せているが、平均的には 50 km/hr (11 m/s) 程度である。一般に、700 mb の風速に対応しているが、大きいセルは動きがおそい傾向にある。

(5) 降雨細胞の発達状況

降雨域の中の降雨細胞は、Fig. 8 の様に時間と共に発達し、また、次第に衰弱して消滅する。同じ降雨でもある細胞は大きく発達するものであり、あまり成長せずに消滅する短命なものもある。

このような細胞のライフサイクルは、その降雨の生成機構に関与しており、大雨の場合は、大きく成長する降雨細胞がひんばんに発生するか、大きい積雲群か

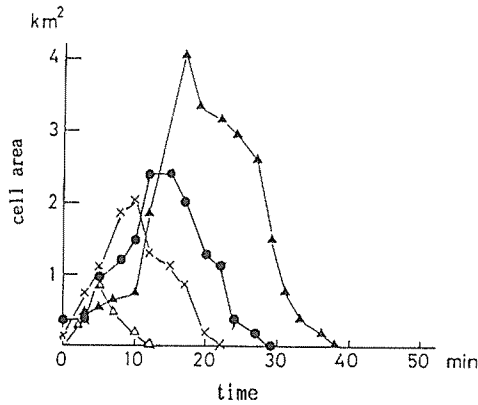


Fig. 8. Time variation of same cellular echoes shown by cell area.

らなる多重セルが認められる場合が多い。

(6) 雨量強度と降雨面積の関係

降雨細胞の生態からわかるように、一般に強い降雨域は狭く、雨量強度の弱いほどその面積は次第に広がる。

大雨時における雨量強度と面積との関係を Fig. 9 に示す。横軸は、同一雨量強度を示す降雨域の面積を円形と仮定し、その半径で示している。中心の雨量強度を R_0 とし、中心からの距離 X における雨量強度 $R_{(x)}$ は次式で示される。

$$R_{(x)} = R_0 e^{-k(x-x_0)}$$

ここで、 k : 係数、 X_0 : 中心雨量強度 R_0 が占める範囲である。勾配 k は、降雨原因によつて異なり、台風の前線性の雨では小さく、前線性の雨では大きくなっている。降雨強度とその強度が占める面積との関係については荒生 (1986) が長崎豪雨で示した値と良い対応を示している。荒生は地上雨量計の雨量資料からこの関係を得ているが、レーダー観測からもこの傾向が裏付けられたことになる。ただし、この関係は、層雲性の雨には適用できず、降雨細胞をもつた対流性の降雨 (強雨を伴う降雨) が対象となっている。

考 察

大雨を構成している降雨細胞は、積雲対流によつて発生しているものであり、しかも、帯状積乱雲群を形成することが多い。メソ・スケールの降雨発生場が形成されると、この域内で積雲が次から次に発生して雨を降らせる。このように、降雨細胞が一定間隔で

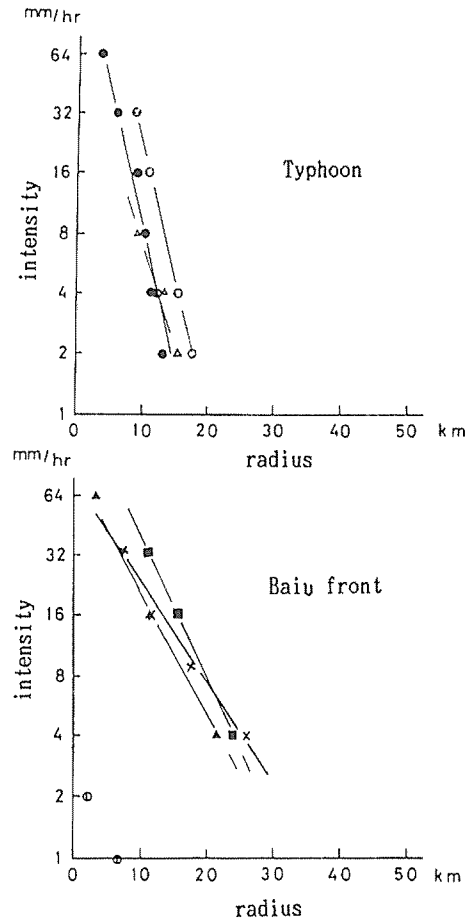


Fig. 9. Relations between rain intensity and cell area in case of Typhoon (upper) and Baiu front (lower).

存在していることは、武田 (1987) が指摘しているように、積雲対流のサイクルである上昇気流、降水、下降気流が、つぎの上昇気流にフィード・バックしており、新しい上昇気流が再び対流のサイクルを作ることの裏付けになつていると考えられる。

降雨細胞は、降雨の原因となつているじょう乱の種類、収束場の強さ、流入水蒸気量、地形によつて、発達程度が異なる。16 mm/hr 以上の雨量強度をもつ降雨細胞の平均像を描いてみれば、面積が 5 km^2 前後で、40 km/hr の速度で移動し、発生から消滅までの時間が 20 分位ということになる。また、細胞間の間隔は 5 km 前後である。

大雨の際における雨量計観測網から得られた降雨細胞の解析結果 (荒生 1986, Ōsawa, K., *et al.*, 1960) と比較してみれば、今回の解析では、細胞の面積は小

さく、また、細胞間隔の距離も半分となつている。これは、雨量計で測定された雨量からは、2つの重なつた細胞の分離は難しいためと考えられ、積雲対流による降雨細胞の規模は、本稿で示した大きさが一般的であろう。

大雨の場合は、数個の積雲群すなわち多重セルによつて構成された大規模な降雨系となることが多く、降雨系の構造を知るためには、レーダによる観測が重要となる。ただ、一個の積雲が巨大に発達するスーパーセルは、以上述べた降雨細胞の数倍の規模をもつているが、わが国では、このタイプの積雲による大雨は稀である。

文 献

- 武田京一・元田雄四郎 1965 台風降雨帯の地形による影響. 天気, 12: 371-376
- Ōsawa, K. and Ōzaki, K. 1960 Rain cells on isohyetal maps. *J. Meteor. Soc. Japan*, 38: 135-147
- 坂上 務・元田雄四郎・早川誠而・林 静夫・中島暢太郎 1983 豪雨の集中度に関する研究. 自然災害研究報告, B-75-3, 5-29
- 荒生公雄 1986 10分間降水量でみた長崎豪雨の構造. 天気, 33: 17-26
- 武田喬男 1987 降雨災害をもたらす豪雨の集中度に関する研究. 自然災害研究報告, A-61-3: 150

Summary

Severe convective storms composed of several rain cells and often organized into a band configuration.

Heavy storms accompanied with Typhoon and Baiu are observed using X-band radar of Kyusyu University located at Hitoyoshi. The characteristics of raincell are analysed from the time variative of horizontal distribution of radar echoes.

Rain cells were successively formed at the inner edge of rain band which was upward of wind, and rain cells in the rain band region were steering by the wind of 700 mb level.

The characteristic features of rain cell are summarized as follows;

- 1) Average area of rain cells which contoured by 16 mm/hr intensity was about 10 km².
- 2) Cellular echoes have the various life time from 5 minutes to 30 minutes and average of life time was 20 minutes.
- 3) The mean velocity of rain cells was about 50 km/hr.
- 4) The distance between a new cell and pre-existing cell was about 5 km and rain cells were formed regularly with period of 10 minutes.